# DIVERSITATEA RASELOR DE LUPOAIE (*OROBANCHE CUMANA* WALLR.) ÎN LUME

https://doi.org/10.52673/18570461.21.3-62.03
CZU: 582.952.6:[581.1+581.9]

Doctor în biologie **Steliana CLAPCO**
E-mail: stela.clapco@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7147-2740
Universitatea de Stat din Moldova

**RACIAL DIVERSITY OF BROOMRAPE (*Orobanche cumana* Wallr.) IN THE WORLD**

**Summary.** *Orobanche cumana* Wallr. – a root parasitic weed that causes immense damage to sunflower crop, is a polymorphic species characterized by the existence of a series of biotypes, called physiological races, which differ depending on their ability to parasitize a certain genotype of host plant. The co-evolution host-parasite, as a result of specific gene-for-gene interactions, and the pressure on the broomrape by the continuous introduction of resistant sunflower hybrids favors the periodic emergence of new races of the parasite, which overcome existing resistance genes. This paper gives an overview on the chronology of the evolution of broomrape races in different countries of the world and presents some current analyses on the racial status of *O. cumana* in a number of sunflower-growing countries, such as China, Turkey, Bulgaria, Serbia, Spain, Ukraine and Romania.

***Keywords:*** *Orobanche cumana* Wallr., physiological races, racial status, resistance genes, virulence.

**Rezumat.** Planta *Orobanche cumana* Wallr. – un parazit specific și devastator al culturii de floarea-soarelui, este o specie polimorfă caracterizată prin existenţa unui șir de biotipuri, numite rase fiziologice, care diferă în funcţie de capacitatea de a parazita un anumit genotip al plantei gazdă. Co-evoluţia gazdă-parazit, determinată de specificul interacţiunii genă pentru genă, şi presiunea exercitată asupra lupoaiei de introducerea continuă a hibrizilor de floarea-soarelui rezistenţi în cultură favorizează apariţia periodică a noi rase ale parazitului, care depășesc genele de rezistenţă existente. Prezenta lucrare reflectă cronologia evoluţiei raselor de lupoaie în diferite ţări ale lumii și unele analize actuale privind statutul rasial al *O. cumana* într-un șir de ţări cultivatoare de floarea-soarelui, precum China, Turcia, Bulgaria, Serbia, Spania, Ucraina şi România.

***Cuvinte-cheie:*** *Orobanche cumana* Wallr., rase fiziologice, statut rasial, gene de rezistenţă, virulenţă.

## INTRODUCERE

Planta angiospermă *Orobanche cumana* Wallr. este un rizoparazit obligatoriu, care afectează, în special, cultura de floarea-soarelui, provocând pierderi de productivitate semnificative. Spre deosebire de alte specii de *Orobanche*, lupoaia florii-soarelui este una polimorfă, populațiile acesteia fiind clasificate în rase fiziologice, capabile să infesteze anumite genotipuri de *Helianthus annuus* cu rezistență distinctă. Populaţiile de lupoaie sunt atribuite la o rasă sau alta în baza reacţiei (rezistenţă sau susceptibilitate) unui set de linii de floarea-soarelui care poartă diferite gene de rezistenţă (linii diferenţiatoare). Până la momentul actual au fost detectate opt rase distincte de lupoaie, notate cu literele alfabetului latin de la A la H.

Apariţia de noi rase de *O. cumana*, capabile să depășească imunitatea genotipurilor rezistente, reprezintă rezultatul evoluției conjugate a plantei gazdă și a parazitului. Astfel, se cunoaște că rezistența florii-soarelui la lupoaie, în majoritatea cazurilor, este verticală, calitativă, controlată de gene dominante unice, specifice pentru fiecare rasă [1]. Acest tip de rezistenţă este guvernat de mecanismul de interacţiune genă pentru genă, potrivit căruia genele de rezistenţă ale gazdei (gene majore *R*) corespund unor gene ale patogenilor care codifică efectori detectaţi de genele *R*, denumite gene de avirulenţă (*Avr*) [2]. Modelul dat este acceptat pe scară largă pentru mai multe patosisteme caracterizate prin rezistenţă calitativă sau verticală, indicând, în general, specificitatea rasei și un răspuns hipersensibil de rezistenţă. În acest caz, plantele declanșează un răspuns defensiv doar atunci când un produs codificat de genă *R* a gazdei recunoaște, direct sau indirect, un produs specific genei efector a agentului patogen. Genele de rezistenţă la gazdă și genele de avirulenţă (incapacitatea de a infecta) ale agentului patogen, de obicei, sunt dominante [3].

Cercetătorii români au fost primii care au întreprins încercări de a determina rasele parazitului, folosind în calitate de linii diferenţiatoare un set de genotipuri de floarea-soarelui, fiecare dintre acestea purtând o singură genă majoră de rezistenţă. În anii 1980, Vrânceanu și colaboratorii [4; 5] au identificat 5 rase fiziologice ale lupoaiei (de la A la E) și, respec-

tiv, 5 gene dominante ($Or_1$, $Or_2$, $Or_3$, $Or_4$ și $Or_5$) care confereau rezistenţă la acestea, fiecare dintre genele noi asigurând rezistenţă inclusiv faţă de rasele precedente, mai puţin virulente. De asemenea, au fost puse în evidenţă un șir de surse genetice ce conţineau gene de rezistenţă faţă de fiecare rasă fiziologică a parazitului.

Pe parcursul evoluţiei agenţii patogeni dezvoltă efectori specifici capabili să inhibe mecanismele de recunoaștere de către gazdă și, respectiv, activarea răspunsurilor defensive [6]. Corespunzător, evoluția conjugată a patosistemului H. annuus - *O. cumana* și presiunea de selecție exercitată asupra parazitului de introducerea continuă a hibrizilor de floarea-soarelui rezistenți contribuie la apariția periodică a noi rase de lupoaie mai virulente, care depășesc genele de rezistență ale plantei gazdă. Deși mecanismele de evoluție a raselor nu sunt pe deplin elucidate, au fost înaintate un șir de ipoteze ce explică evoluția parazitului, cum ar fi recombinarea genetică a genelor avirulenţei [7], mutaţiile la nivelul unei singure gene în cadrul populaţiilor locale ale parazitului, fluxul de gene dintre populaţiile de *O. cumana* ce parazitează plantele de cultură și cele ce afectează speciile din flora spontană [8].

Având în vedere ritmul accelerat de introducere în cultură a hibrizilor rezistenţi din ultimii ani, noile rase de lupoaie apar și se răspândesc în câmpurile de floarea-soarelui cu o periodicitate de cca 4-5 ani, impunând necesitatea studierii mecanismelor de evoluţie a raselor și identificarea de noi surse de rezistenţă. În acest context prezintă interes inclusiv cunoașterea dinamicii apariţiei raselor de lupoaie în diferite ţări cultivatoare de floarea-soarelui, analiza dată constituind subiectul prezentei lucrări.

## STATUTUL RASIAL AL LUPOAIEI ÎN DIFERITE ŢĂRI ALE LUMII

Primele menţiuni privind infestarea culturii de floarea-soarelui cu lupoaie datează cu a doua jumătate a sec. al XIX-lea, aceasta fiind identificată în câmpurile din regiunea Voronej [9]. Ulterior, parazitul s-a răspândit în regiunile sudice ale Rusiei și Ucrainei, adiacente Mării Negre, iar concomitent cu extinderea culturii de floarea-soarelui – și în celelalte ţări riverane, precum Bulgaria, România, Turcia ș.a., dezvoltând rase cu virulenţă sporită (tabelul 1) [10].

Lupoaia constituie una dintre cele mai importante constrângeri ale culturii de floarea-soarelui în partea de sud și de sud-est a Ucrainei, persistând în aceste zone de la începutul anilor 1920–1930, când, în premieră,

*Tabelul 1*

**Identificarea raselor de *O. cumana* în lume**

| Rase | Identificate pentru prima dată | | Identificate ulterior | |
|---|---|---|---|---|
| | Anul | Ţara / Referinţa | Anul | Ţara / Referinţa |
| **A** | 1918 | Rusia (Saratov, Voronej) [9] | 1990 | China [11] |
| **B** | 1920 | Rusia (Rostov, Krasnodar) [12] | 1930<br>1930<br>1950 | Moldova [13]<br>Ucraina [14]<br>Serbia [15] |
| **C** | 1963 | Moldova [16] | 1966<br>1970<br>1970<br>1978 | Bulgaria [17]<br>Rusia (Krasnodar) [18]<br>Spania [19]<br>România [5] |
| **D** | 1980 | Spania [20] | 1981 | România[ [21] |
| **E** | 1980 | Spania [20] | 1983<br>1990<br>1995 | Turcia [22]<br>Serbia [23]<br>Bulgaria [24] |
| **F** | 1991 | Turcia [22] | 1995<br>1997<br>2003<br>2004<br>2004 | Spania [25]<br>România [26]<br>Bulgaria [27]<br>Rusia [28]<br>Israel [29] |
| **G** | 2005 | România [30] | 2007<br>2009<br>2016 | Bulgaria [24]<br>Turcia [31]<br>Spania [7] |
| **H** | 2014 | România [32] | 2015 | Spania [10]<br>Rusia [33] |

a fost semnalată rasa A și B [14] și până în prezent. Actualmente, în Ucraina cele mai răspândite rase de *O. cumana* sunt E (aproximativ 70 %) și G (aproximativ 29 %), iar regiunile cele mai afectate sunt Doneţk, Odessa, Zaporojie și Lugansk [34]. De menţionat că recent, în nord-estul Ucrainei a fost relevată prezenţa rasei H, precum și a unui biotip nou cu virulenţă mai mare decât rasa H [35]. În ultimii ani, rase noi, extrem de virulente de *O. cumana* (F, G și H), au fost semnalate în regiunile sudice ale Federaţiei Ruse [36], precum și în Kazahstan – unde predomină rasele C și G [33].

Primele rapoarte privind afectarea culturii de floarea-soarelui de către lupoaie în Republica Moldova au fost publicate în anii ’40 [37]. O infecţie puternică a fost observată, în diferite regiuni ale ţării, în anii ’60 [13]. Unele dintre biotipurile depistate s-au dovedit a fi mai virulente decât cele cunoscute pentru moment, afectând soiurile rezistente la rasele A și B. Astfel, în Moldova a fost identificat un nou biotip de lupoaie, numit rasa moldovenească, sau rasa C, care s-a răspândit ulterior în alte regiuni de cultivare a florii-soarelui din fosta URSS, precum și în sud-estul României, în Insula Mare a Brăilei și în Dobrogea, în partea estică a Bulgariei [13; 16]. În ultimii ani pe teritoriul Republicii Moldova s-a elucidat existenţa întregului complex de rase fiziologice cunoscute [38].

În România lupoaia a fost observată începând cu anii 1940 [32], dezvoltând rapid rase cu virulenţă înaltă. În perioada 1960–1963, au fost identificate două rase ale parazitului lupoaia (A și B), în anii 1975–1980 – alte trei rase (C, D și E), peste 16-19 ani (1996–1999) a fost constatată prezenţa rasei F, iar recent, după o perioadă de doar 8-10 ani, a fost depistată o nouă populaţie a parazitului care depășește genele de rezistenţă la rasa F, numită rasa G [30]. În ultimii ani, în special în zona Tulcea și Brăila, a fost constatată prezenţa unei forme și mai virulente a parazitului (rasa H) [39].

În Bulgaria *O. cumana*, care parazita floarea-soarelui, a fost detectată pentru prima dată în 1935. În anii ’50, Knyazkov a menţionat prezenţa rasei A și B de lupoaie, iar mai târziu, în 1966, s-a constatat apariţia rasei C, care afecta puternic soiul Peredovik cu gene de rezistenţă la rasele anterioare [17]. La începutul anilor ’90, hibrizii și soiurile rezistente de floarea-soarelui dintr-un șir de regiuni ale ţării au fost masiv atacate de *Orobanche* fiind, astfel, pusă în evidenţă dezvoltarea unor noi rase fiziologice ale parazitului – D și E [40]. În anul 2000, în partea de nord-est a Bulgariei, în apropierea graniţei cu România, a fost remarcată o populaţie foarte agresivă de lupoaie identificată ca rasa H [24], care însă nu a mai fost semnalată ulterior. În prezent, pe câmpurile de floarea-soarelui din Bulgaria, cele mai răspândite rase ale patogenului sunt E (35 %), F (16 %) și G (80 %) [41].

Prima epifitie de lupoaie în producţia de floarea-soarelui în regiunea Trakya din Turcia a fost semnalată la începutul anilor 1960. După o perioadă de imunitate (până la începutul anilor ’80), asigurată prin introducerea soiurilor rezistente, a fost constatată apariţia unei noi rase, ce depășea barierele de protecţie asigurate de genele de rezistenţă la rasele A, B, C și D din Turcia. În anii ’90, în regiunea Trakya s-a declanșat o explozie de virulenţă, fiind raportată prezenţa unei noi rase, numită rasa F [42]. Recent, noile rase virulente au fost depistate și în alte zone, precum Cukurova, Anatolia de Mijloc și regiunile de pe litoralul Mării Negre [43], iar în ultimii ani, în Turcia și Spania a fost observată o rasă de lupoaie mai virulentă decât F [42].

Cu referire la Spania menţionăm că în anul 1980 au fost caracterizate două biotipuri de *O. cumana* (unul – predominant în partea de sud a ţării și altul – în partea centrală), identificate ca rasa D și E, respectiv [20]. Mai târziu (1995), pe câmpurile cultivate cu floarea-soarelui a fost depistat un nou patotip de lupoaie, numit rasa F [44], care la începutul anilor 2000 s-a răspândit pe scară largă în partea de sud [45] și în unele regiuni din nordul și centrul Spaniei [46]. De remarcat că testele din ultimii ani privind virulenţa unor populaţii de *O. cumana*, colectate din diferite regiuni ale Spaniei, au pus în evidenţă prezenţa unui biotip care nu infesta liniile diferenţiatoare rezistente la rasa F și G din ţară, dar susceptibile la rasa G provenită din alte ţări. În consecinţă, pentru a distinge aceste biotipuri de alte forme din rasa G, noile populaţii de lupoaie au fost clasificate ca rasă $G_{GV}$ [7].

Spre deosebire de modificările frecvente ale compoziţiei rasiale a lupoaiei în Rusia, în sudul Ucrainei, Moldovei, României, Turciei și Spaniei, studiul cronologic al apariţiei *O. cumana* în Serbia susţine opinia că evoluţia raselor fiziologice ale acestei plante parazit este, de fapt, destul de lentă, fiind rezultatul unor mutaţii ale genelor de virulenţă în populaţia de lupoaie care se produc cu o rată foarte mică. În conformitate cu Miladinovic și coautorii [47], inoculul primar de *O. cumana* ar putea fi introdus din regiuni îndepărtate geografic, concomitent cu semințele de floarea-soarelui infectate, în timpul importului necontrolat, ulterior, fiind supus presiunii de selecţie ce favorizează rasele cu diferite gene de virulenţă. O situaţie mai stabilă în populaţiile de lupoaie din Serbia, comparativ cu alte ţări, variabilitatea genetică scăzută și potenţialul mai mic de schimbare a compoziţiei rasiale este explicată de cercetători prin faptul că populaţiile actuale provin dintr-un număr relativ mic de indivizi introduși în ţară din alte regiuni. Or, în Serbia (în special în regiunea Vojvodina) lupoaia a fost semnalată pentru prima dată la începutul anilor 1950, fiind introdusă în ţară concomi-

tent cu seminţele soiurilor sovietice de floarea-soarelui importate din Ucraina. Date referitoare la compoziţia rasială a populaţiilor de lupoaie menţionate nu există însă, deoarece ele nu afectau soiurile ruseşti rezistente la rasa C, se presupune că acestea aparţineau rasei B [47]. Mai târziu, la începutul anilor ’90, pe teritoriul Serbiei a fost confirmată apariţia rasei E, mai virulente [23], fără a fi raportată prezenţa raselor C şi D. Recent, pe unele loturi limitate s-a stabilit prezenţa rasei F [48].

O situaţie similară a fost remarcată şi în Ungaria, pe a cărei teritoriu au fost depistate în special populaţii de *O. cumana* cu virulenţă moderată, aparţinând raselor A – E, preponderentă fiind E [49]. Deşi în unele câmpuri de floarea-soarelui a fost identificată inclusiv prezenţa rasei F a parazitului, aceasta este întâlnită destul de sporadic [46].

Rezultatele studiilor actuale au confirmat prezenţa raselor A, D, E şi G de *O. cumana* în zonele de cultivare a florii-soarelui din China, cea mai virulentă rasă (G) limitându-se, în special, la partea de vest a regiunii Inner Mongolia [50]. De remarcat că pentru prima dată lupoaia, şi anume rasa A, a fost identificată în China la începutul anilor 1990 [11].

În ultimii ani lupoaia a mai fost depistată în Tunisia, şi anume rasele E şi G [51], în Maroc – rasa G [52] şi Franţa, unde, deşi nu este încă pe deplin elucidat statutul rasial al parazitului, se consideră că ar exista un amestec de biotipuri incluzând rasa E şi forme mai virulente ca E [53]. Prezenţa lupoaiei (în special, aparţinând rasei C) a fost semnalată şi în Israel, primul raport în acest sens datând cu anul 1995. Ulterior, la începutul anilor 2000, s-a observat infestarea hibrizilor rezistenţi într-un şir de localităţi din nordul ţării, constatându-se apariţia unor biotipuri cu virulenţă mai mare [29]. În conformitate cu studiile recente, realizate asupra unui şir de populaţii de *O. cumana* colectate din diverse regiuni din Israel, a fost pusă în evidenţă o nouă rasă, numită CUCE, cu un spectru mult mai larg de gazde, extins inclusiv la specii de *Solanaceae*, aceasta fiind capabilă să infesteze, pe lângă cultura de floarea-soarelui, plantele de tutun şi tomate [54]. Descoperirea dată este una foarte alarmantă în contextul posibilei dispersări şi apariţii a unor astfel de biotipuri, capabile să-şi modifice gama de plante gazde şi în alte ţări ale lumii.

## STABILIREA STATUTULUI RASIAL AL UNOR POPULAŢII DE LUPOAIE CU ORIGINE DIFERITĂ

În pofida multitudinii de rapoarte care vizează patogenul lupoaia, până în prezent rămân a fi deschise un şir de întrebări importante, inclusiv cea cu referire la diferenţierea raselor. Absenţa unui set universal de diferenţiatori şi folosirea în acest scop a diferitor genotipuri de floarea-soarelui, în diverse ţări şi centre de cercetare, creează confuzii esenţiale în stabilirea statutului rasial al lupoaiei în lume. În acest sens, se întreprind încercări de consolidare a eforturilor savanţilor din ţările cultivatoare de floarea-soarelui, interes prezentând şi analizele unor populaţii de lupoaie cu origine diferită în experienţe unice, desfăşurate în condiţii identice. Astfel, un obiectiv al prezentei lucrări a vizat evaluarea statutului rasial al lupoaiei provenite din China (regiunea Inner Mongolia, notate convenţional nr. 1 şi 6 şi regiunea He Bei), Turcia (Edirne, Merkez; Edirne, Kesan; Kirklareli, Luleburgaz; Adana), Bulgaria (Debovo), Serbia (notată în mod convenţional ca ORSR 04; ORSR 07; ORSR 11; ORSR 14; ORSR 24; ORSR 25; ORSR 43), Spania (Sevilia), Ucraina (Ismail) şi România (Brăila şi Tulcea).

În calitate de linii diferenţiatoare au servit linii şi hibrizi comerciali de floarea-soarelui care includ diferite gene de rezistenţă, după cum urmează: LC1003A (oferit de Institutul Naţional de Cercetare şi Dezvoltare Agricolă Fundulea, România – INCDA) – rezistent la rasa E; LC1093A (INCDA) – rezistent la rasa F; $H_1E$ – rezistent la rasa G (INCDA) şi $H_2Lg$ (Limagrain) – rezistent la rasa H, inclusiv genotipul Performer susceptibil la acţiunea lupoaiei. Câte 15 plante de floarea-soarelui, în două repetiţii, au fost plantate în lăzi care conţineau un amestec de nisip şi turbă în raport 1:1, v/v, infectate uniform cu seminţe de lupoaie (30 mg seminţe la 200 g amestec). Plantele au fost cultivate în seră timp de 80 de zile la temperaturi de 18/24 °C (noapte/zi) cu o fotoperioadă de 14 h/10 h.

După perioada de cultivare a fost cuantificat numărul total de plante infestate, precum şi numărul de ataşamente de lupoaie (tuberculi, lăstari aerieni şi subterani) per plantă gazdă, determinându-se frecvenţa (F, %), intensitatea (I) şi gradul de atac (GA). Plantele care au manifestat o frecvenţă a atacului de 0-5 % au fost considerate genotipuri rezistente; 5-20 % au fost acceptate ca fiind tolerante; 20 % şi mai mare – sensibile.

Toate populaţiile analizate au infestat hibridul susceptibil şi au fost avirulente faţă de hibridul $H_2Lg$ care poartă gene de rezistenţă la rasa H. Cele mai virulente au fost populaţiile din Turcia, România, Ucraina şi o populaţie colectată din China (regiunea Inner Mongolia), care au afectat toate genotipurile de floarea-soarelui (figura 1 A-D), cu excepţia hibridului rezistent la rasa H.

Populaţiile analizate au prezentat un patern diferit de agresivitate faţă de genotipul susceptibil şi cele rezistente de floarea-soarelui.

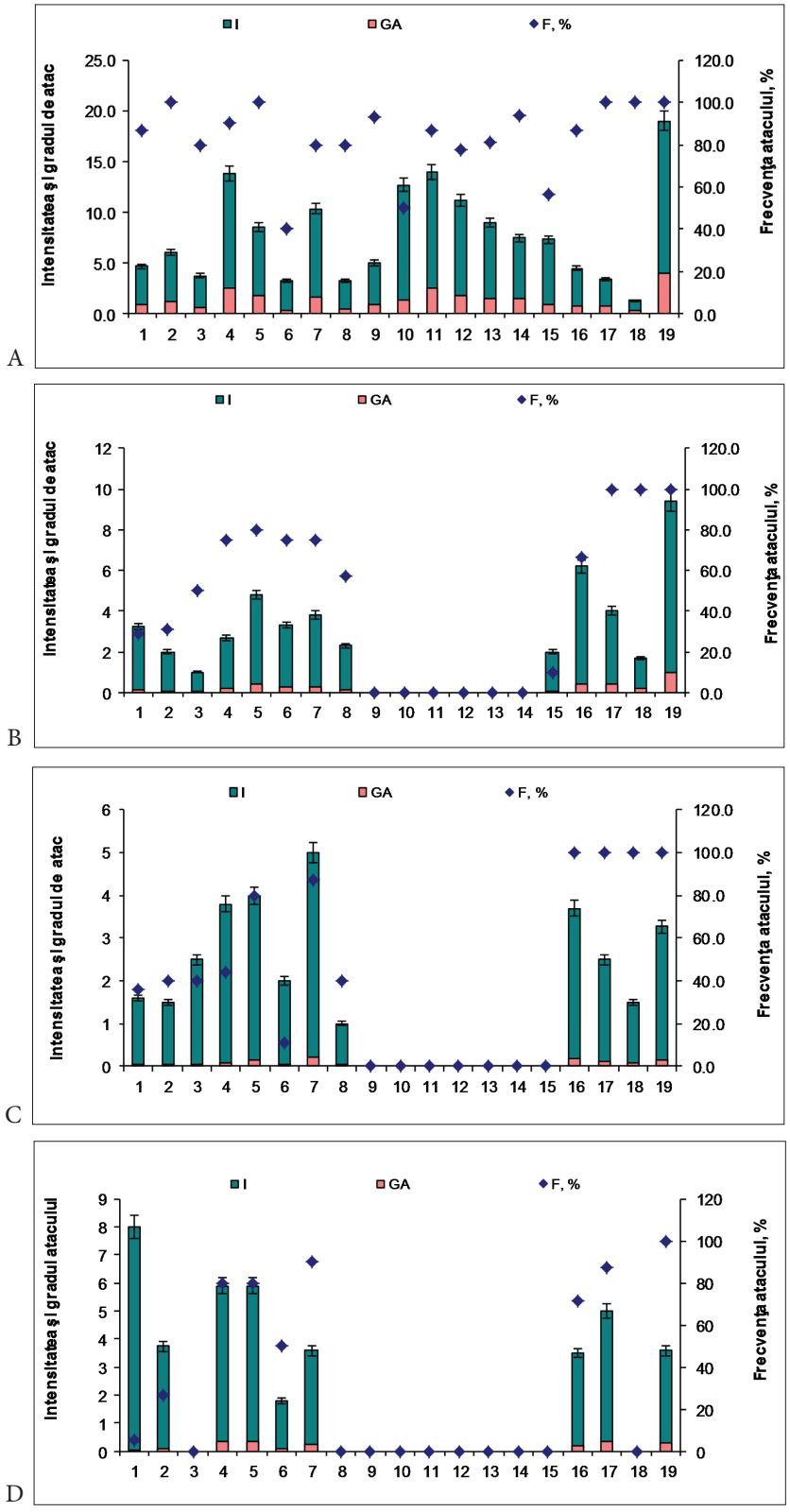



**Figura 1.** Frecvenţa, intensitatea şi gradul de atac al populaţiilor de lupoaie asupra diferenţiatorilor de floarea-soarelui: **A** – hibridul sensibil Performer; **B** – LC1003A, rezistent la rasa E; **C** – LC1093A, rezistent la rasa F; **D** – $H_1$E, rezistent la rasa G.
**1 – China**, Inner Mongolia, nr. 1; **2 – China**, Inner Mongolia nr. 6; **3 – China**, He Bei; **4 – Turcia**, Edirne, Merkez; **5 – Turcia**, Edirne, Kesan; **6 – Turcia**, Adana; **7 – Turcia**, Kirklareli, Luleburgaz; **8 – Bulgaria**, Debovo; **9 – Serbia**, ORSR 04; **10 – Serbia**, ORSR 07; **11 – Serbia**, ORSR 11; **12 – Serbia**, ORSR 14; **13 – Serbia**, ORSR 25; **14 – Serbia**, ORSR 26; **15 – Serbia,** ORSR 43; **16 – România**, Brăila; **17 – România**, Tulcea; **18 – Spania,** Sevilia; **19 – Ucraina**, Ismail.

Frecvenţa atacului a variat între 40,0-100,0 %; 28,6-100,0 %; 11,0-100,0 % şi 5,0-100,0 %, cu un număr mediu de ataşamente per plantă între 3,3-19,0; 1,0-9,4; 1,0-5,0 şi 1,8-5,9, în cazul hibridului susceptibil Performer, LC1003A, LC1093A şi, respectiv, $H_1$E. Hibridul Performer a fost cel mai grav afectat de populaţia din Ismail, două populaţii din Turcia (Edirne, Merkez şi Kirkareli, Luleburgaz) şi una din Serbia (ORSR11), incidenţa atacului constituind 80-100 %, iar intensitatea – 8,5-19,0 (figura 1A).

Cel mai puţin virulente au fost populaţiile provenite din Serbia, care au infestat doar hibridul susceptibil, frecvenţa atacului variind între 50,0 şi 93,8 %, iar numărul de lăstari de lupoaie per plantă gazdă – de la 7,3 până la 14,0. În baza rezultatelor testării, populaţiile date pot fi atribuite la rasa E sau la o rasă mai puţin virulentă ca E, ceea ce este în corespundere cu informaţiile prezentate de cercetătorii sârbi, reflectate mai sus.

Toate populaţiile analizate, cu excepţia populaţiilor din Serbia, au infestat liniile LC1003A şi LC1093A, care conţin gene de rezistenţă la rasa E şi, respectiv, la rasa F de lupoaie. În cazul liniei LC1003A majoritatea populaţiilor virulente au manifestat un nivel ridicat de atac, cu o frecvenţă de la 75,0 până la 100,0 % şi un număr moderat de ataşamente per gazdă – de la 3,3 până la 9,4 (figura 1B). Valorile maxime au fost observate în cazul lupoaiei din Ucraina, urmată de populaţia din Tulcea (România) şi populaţiile din Turcia. Printr-o agresivitate minimă se distinge populaţia din Inner Mongolia, China (nr. 6), cu o frecvenţă a atacului de 31,3 % şi două ataşamente de lupoaie per plantă gazdă. Linia LC1093A este afectată, în special, de *O. cumana* provenită din România şi Ucraina, cu o incidenţă a atacului de 100 % şi intensitate ce variază între 2,5-3,2, urmată de populaţiile din Edirne, Kesan şi Luleburgaz (Turcia) – cu o frecvenţă de 80-87,5 % şi intensitate de 4,0-5,0 (figura 1C).

Doar 8 dintre cele 19 populaţii de lupoaie (Inner Mongolia nr. 6, toate cele 4 populaţii din Turcia şi populaţiile din România şi Ucraina) au infestat inclusiv hibridul $H_1$E cu rezistenţă la rasa G, ceea ce relevă faptul că lupoaia din aceste localităţi se atribuie, probabil, rasei H (figura 1D). *O. cumana* din Luleburgaz, Edirne Merkez şi Kesan (Turcia), Ismail (Ucraina) şi Tulcea (România) au manifestat un patern similar de agresivitate – incidenţa atacului de 80,0-100,0 % şi un număr moderat de lăstari de lupoaie per plantă (3,6-5,9).

Deşi hibridul $H_1$E a fost afectat inclusiv de populaţia din Inner Mongolia, notată convenţional cu nr. 1, frecvenţa atacului a fost de doar 5 %, cu un grad de atac de 0,4, ceea ce ne permite să atribuim populaţia dată la rasa G. Tot la rasa G este încadrată populaţia din He Bei, China, precum şi populaţiile colectate din Debovo, Bulgaria şi Sevilia, Spania. Anterior, în câmpurile de floarea-soarelui din Bulgaria şi Spania a fost raportată prezenţa unor populaţii de lupoaie capabile să paraziteze majoritatea hibrizilor rezistenţi la rasa F, dar avirulenţi faţă de genotipurile rezistente la rasa G [24; 7], rezultatele studiului prezent fiind în acord cu aceste date. De remarcat că deşi, până astăzi, cea mai virulentă rasă de lupoaie identificată pe teritoriul Chinei a fost rasa G, analizele reflectate în lucrare denotă inclusiv prezenţa rasei H în regiunea Inner Mongolia.

Generalizând rezultatele obţinute, constatăm că cele mai virulente sunt populaţiile din Turcia (Kesan şi Luleburgaz), România şi Ucraina, datele fiind în concordanţă cu cele enunţate în studiul teoretic prezentat mai sus, potrivit căruia populaţiile de lupoaie răspândite în regiunea Mării Negre se disting printr-un nivel înalt de agresivitate şi virulenţă.

## CONCLUZII

Studiul teoretic şi practic focusat pe analiza cronologică a statutului rasial al parazitului *O. cumana* în lume pune în evidenţă accelerarea ritmului de apariţie şi dezvoltare a noilor rase de lupoaie cu virulenţă şi agresivitate sporită, capabile să depăşească barierele de rezistenţă a hibrizilor de floarea-soarelui. Printre cauzele care favorizează dezvoltarea de noi populaţii mai virulente şi răspândirea parazitului lupoaia se numără:

- introducerea în cultură a hibrizilor rezistenţi la populaţiile existente de lupoaie care, datorită evoluţiei asociate a patosistemului *O. cumana – H. annuus*, impulsionează apariţia a noi biotipuri cu virulenţă sporită, favorizate de selecţia naturală;
- migrarea unor rase fiziologice noi din diferite zone geografice, asigurată atât de răspândirea seminţelor de către păsări, vânt, cât şi de schimbul intens de seminţe de floarea-soarelui (şi inclusiv, lupoaie) dintre state;
- apariţia de noi rase fiziologice în urma recombinării şi acţiunii agenţilor mutageni naturali;
- lipsa unui program de monitorizare sistematică a evoluţiei parazitului în condiţiile utilizării tot mai intense a rezistenţei oligogenice.

## BIBLIOGRAFIE

1. Pérez-Vich B., Akhtouch B., Mateos A., Velasco L., Jan C., Fernández J., Domínguez J., Fernández-Martínez J.M. Dominance relationships for genes conferring resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in sunflower. In: Helia, 2004, vol. 27, pp. 183-192.

2. Flor H. H. Current status of the gene-for-gene concept. In: Annual Review of Phytopathology, 1971, vol. 9, pp. 275-279.

3. Rodríguez-Ojeda M.I., Pineda-Martos R., Alonso L.C., Fernández-Escobar J., Fernández-Martínez J.M., Pérez-Vich B., Velasco L.A. Dominant avirulence gene in *Orobanche cumana* Triggers *Or5* resistance in sunflower. In: Weed Res., 2013, vol. 53. pp. 322-327.

4. Vrânceanu A. Floarea-soarelui hibridă. București: Ceres, 2000. 1148 p.

5. Vranceanu A.V., Tudor V.A., Stoenescu F.M., Pirvu N. Virulence groups of *Orobanche cumana* Wallr. differential hosts and resistance sources and genes in sunflower. In: Proceedings of the 9th International Sunflower Conference, Torremolinos, Spain, 8-13 June, 1980, pp. 74-80.

6. Bent A. F., Mackey D. Elicitors, effectors, and R genes: The new paradigm and a lifetime supply of questions. In: Annu. Rev. Phytopathol., 2007, vol. 45, pp. 399-436.

7. Martín-Sanz A., Malek J., Fernández-Martínez J. M., Pérez-Vich B., Velasco L. Increased virulence in sunflower Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) populations from Southern Spain is associated with greater genetic diversity. In: Front. Plant Sci., 2016, pp. 1-9.

8. Pineda-Martos R., Velasco L., Fernandez-Escobar J., Fernandez-Martinez J.M., Pérez-Vich B. Genetic diversity of *Orobanche cumana* populations from Spain assessed using SSR markers. In: Weed Res., 2013, vol. 53, pp. 279-289.

9. Plachek E.M. Problemy selekcii podsolnechnika. În: Trudy Vsesojuznogo S'ezda po genetike, 1932, nr. 2, 126 p.

10. Molinero-Ruiz L., Delavault Ph., Pérez-Vich B., Pacureanu-Joita M., Bulos M., Altieri E., Domínguez J. History of the race structure of *Orobanche cumana* and the breeding of sunflower for resistance to this parasitic weed: A review. In: Spanish Journal of Agricultural Research, 2015, vol. 13, nr. 4, pp. 1-19.

11. Baichun D., Honglin S., Xuejing L., Tingrui L., Haiyan Y., Xinghuan W. Identification of the races of the sunflower broomrape in the principal sunflower production area of Jilin Province. In: Proc. 14th Int. Sunflower Conf., Beijing/Shenyang, China. 1996, vol. 2, pp. 801-805.

12. Zhdanov L.A. Podsolnechnik i zaraziha. In: Bjul. Donskoj selekcionnoj stancii, Rostov-na-Donu, 1927, 22 p.

13. Sharova P. G. Selekcija podsolnechnika na immunitet k agressivnym rasam moldavskoj populjacii zarazih. In: Tr. Vsesojuzn. Soveshhanija po immunitetu rastenij. Kiev, 1969, pp. 28-31.

14. Burlov V., Burlov V. Breeding of sunflower resistant to new races of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). In: Helia, 2010, vol. 33, nr. 53, pp. 165-172.

15. Aćimović M. Distribution of important sunflower diseases in Yugoslavia. Faculty of Agriculture, Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Yugoslavia, 1977, pp. 1-16.

16. Sharova P.G. Zaraziha opasnyj parazit podsolnechnika. Kishinev: Izdatel'stvo Kartja Moldovenjaskje. 1977, 20 p.

17. Petrov D. A new physiological race of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Bulgaria. In: C. R. Acad. Sci. Agric. Bulg., 1968, vol. 1, pp. 27-30.

18. D'jakov A.B., Antonova T.S. Sovershenstvovanie metoda otbora immunnyh k zarazihe rastenij podsolnechnika. În: sb. Vrediteli i bolezni maslichnyh kul'tur. Krasnodar, 1978, pp. 58-64.

19. González-Torres R., Jiménez-Díaz R.M., Melero-Vara J.M., Distribution and virulence of *Orobanche cernua* in sunflower crops in Spain. In: J. Phytopathol., 1982, nr. 104, pp. 78-89.

20. Melero-Vara J.M., Domınguez J., Fernandez-Martınez J.M. Evaluation of differential lines in a collection of sunflower parental lines for resistance to broomrape (*Orobanche cernua*) in Spain. In: Plant. Breed., 1989, nr. 102, pp. 322-326.

21. Vrânceanu A., Tudor V., Stoenescu F., Parvu N. Evoluţii ale virulenţei parazitului *O. cumana* Wallr. şi floarea-soarelui gene corespunzătoare de rezistenţă la Fundulea. În: Analele ICCPT, 1981, vol. XLVIII, pp. 37-43.

22. Bülbül A., Salihoglu M., Sari C., Aydin A. Determination of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) races of sunflower in the Thrace region of Turkey. In: Helia, 1991, vol. 14, pp. 21-26.

23. Mihaljčević M. Distribution and virulence of *Orobanche* population in Yugoslavia. In: Proc. EUCARPIA Symp. Breed. Oil Prot. Crop, Zaporozhye, Ukraine, 1996, pp. 134-136.

24. Shindrova P., Penchev E. Race composition and distribution of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Bulgaria during 2007–2011. In: Helia, 2012, vol. 35, nr. 57, pp. 87-94.

25. Alonso L.C., Fernández-Escobar J., López G., Sallago F. New highly virulent sunflower broomrape (*Orobanche cernua* Loefl.) pathotypes in Spain. In: Proc. 6th Int. Parasitic Weed Symposium. Dirección General de Investigación Agraria, Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla, Spain, 1996, pp. 639-644.

26. Pacureanu-Joita M., Vrânceanu A.V., Soare G., Marinescu A., Sandu I. The evaluation of the parasite-host interaction in the system *Helianthus annuus* L. – *Orobanche cumana* Wallr. in Romania. In: Proc. 2nd Balkan Symp. on Field Crops. Novi Sad, Yugoslavia, 1998. vol. 1, pp. 153-157.

27. Shindrova P. Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Bulgaria – Distribution and race composition. In: Helia, 2006, vol. 29, nr. 44, pp. 111-120.

28. Gontcharov S.V., Antonova T.S., Araslanova N.M. Sunflower breeding for resistance to the new broomrape race. In: Helia, 2004, vol. 27, nr. 40, pp. 193-198.

29. Eizenberg H., Plakhine D., Landa T., Achdari G., Joel D.M., Hershenhorn J. First report of a new race of sunflower broomrape (*Orobanche cumana*) in Israel. In: Plant. Dis., 2004, vol. 88, nr. 11, 1284.

30. Păcureanu-Joiţa M. et al. Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.), the most important parasite in sunflower. În: Genetica şi Ameliorarea Plantelor, AN. I.N.C.D.A. Fundulea, 2009, vol. LXXVII, pp. 49-56.

31. Kaya Y., Evci G., Pekcan V., Gucer T., Yilmaz M.I. Evaluation of broomrape resistance in sunflower hybrids, In: Helia, 2009, vol. 32, pp. 161-169.

32. Pacureanu M. Current situation of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Romania. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape in Sunflower, Córdoba, Spain, 3-6 June. Paris, France: International Sunflower Association, 2014, pp. 39-43.

33. Antonova T., The history of interconnected evolution of *Orobanche cumana* Wallr. and sunflower in the Russian Federation and Kazakhstan. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, pp. 57-64.

34. Pototskyi G., Current situation of sunflower broomrape in Ukraine. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, p. 56.

35. Maklyak E., Kyrychenko V.V., Pacureanu M.J. Race composition and phenology of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Ukraine. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower; Bucharest, Romania, 2–4 July 2018, pp. 67-78.

36. Antonova T.S., Araslanova N.M., Strelnikov E.A., Ramazanova S.A., Guchetl S.Z., Chelyustnikova T.A. Distribution of highly virulent races of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in the Southern regions of the Russian Federation. In: Russ. Agr. Sci., 2013, vol. 39, pp. 46-50.

37. Arhiva Naţională a Republicii Moldova. Fond 3, inv. 2, d. 376.

38. Duca M., Acciu A., Clapco S. Distribuia geografică şi caracteristica unor populaţii de *O. cumana* din Republica Moldova. În: Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii, 2017, vol. 332, nr. 2, pp. 65-76.

39. Rîşnoveanu L., Joiţa-Păcureanu M., Anton F. G. The virulence of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in sunflower crop in Braila Area, in Romania. In: Helia, 2016, vol. 39, nr. 65, pp. 189-196.

40. Shindrova P., Ivanov P., Nikolova V. Effect of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) intensity of attack on some morphological and biochemical indices of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: Helia, 1998, vol. 21, nr. 29, pp. 55-62.

41. Batchvarova R. Current situation of sunflower broomrape in Bulgaria. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, pp. 51-54.

42. Demirci M., Kaya Y. Status of *Orobanche cernu*a Loefl. and weeds in sunflower production in Turkey. In: Helia, 2009, vol. 32, nr. 51, pp. 153-160.

43. Kaya Y. Current situation of sunflower broomrape in Turkey. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, pp. 55.

44. Domínguez J. Inheritance of the resistance to *Orobanche cumana* Wallr. In: Cubero J.I. et al., [Eds.], Resistance to broomrape: The state of the art. Congresos y Jornadas 51/99. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Seville, Spain, 1999, pp. 139-141.

45. Molinero-Ruiz M.L., Melero-Vara J.M., García-Ruiz R., Domínguez J. Pathogenic diversity within field populations of *Orobanche cumana* and different reactions on sunflower genotypes. In: Weed. Res. 2006, vol. 46, pp. 262-469.

46. Molinero-Ruiz L., Dominguez J. Current situation of sunflower broomrape in Spain. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, pp. 19-27.

47. Miladinović D., Jocić S., Dedić B., Cvejić S., Dimitrijević A., Imerovski I., Malidža G. Current situation of sunflower broomrape in Serbia. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain. Int. Sunflower Assoc., Paris, France, 2014, pp. 33-38.

48. Dedic B., Miladinovic D., Jocic S., Cvejic S., Jockovic M., Miklic V. Increase in virulence of sunflower broomrape in Serbia. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower, Bucharest, Romania, 2–4 July 2018, pp. 27-35.

49. Hargitay L. Current situation of sunflower broomrape in Hungary. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, p. 32.

50. Shi B. X., Chen G. H., Zhang Z. J., Hao J. J., Jing L., Zhou H.Y., Zhao J. First report of race composition and distribution of sunflower broomrape, *Orobanche cumana*, in China. In: Plant Dis., 2015, nr. 2, 291.

51. Jebri M., Ben Khalifa M., Fakhfakh H., Pérez-Vich B., Velasco L. Genetic diversity and race composition of sunflower broomrape populations from Tunisia. In: Phytopathol. Mediterr., 2017, vol. 56, pp. 421-430.

52. Nabloussi A., Velasco L., Assissel N. First report of sunflower broomrape, *Orobanche cumana* Wallr., in Morocco. In: Plant. Dis., 2018, vol. 102, 457.

53. Jestin C., Lecomte V., Duroueix F. Current situation of sunflower broomrape in France. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, pp. 28-31.

54. Dor E., Plakhine D., Joel D.M., Larose H. A new race of sunflower broomrape (*Orobanche cumana*) with a wider host range due to changes in seed response to strigolactones. In: Weed science, 2020, vol. 68, nr. 2, pp. 134-142.

**NOTĂ**. Cercetările prezentate în lucrare au fost realizate în cadrul proiectului 20.80009.5107.01 *Studii genetico-moleculare și biotehnologice ale florii-soarelui în contextul asigurării managementului durabil al ecosistemelor agricole.*